

Copyright © 2025 by Cherkas Global University



Published in the USA
 Russian Journal of Astrophysical Research. Series A
 Issued since 2013.
 E-ISSN: 2413-7499
 2025. 11(1): 19-26

DOI: 10.13187/rjar.2025.1.19
<https://rjar.cherkasgu.press>



Descriptive Modeling in Space Exploration

Irina A. Dubchak ^{a, *}

^a Russian University of Transport, Moscow, Russian Federation

Abstract

The article explores the field of space research. A new type of information modeling, description modeling, is proposed. Its application is substantiated and the content of this modeling is revealed. A new concept, description model, is introduced. A description model is formed using the principles of description logic. The content of description logic is briefly revealed. The need to apply a description model in space research is substantiated. The features of obtaining information in space research are described. Description modeling differs from other types of modeling by the condition of consistency in creating models. Description modeling differs from other types of modeling by the mandatory presence of information units in the form of a consistent system. A description model compresses large volumes of space information while meeting the conditions of consistency and consistency. The mechanism of formation of description models is considered. The need to apply cognitive modeling in the formation of description models is shown. The stages of sequential description modeling are described. Description modeling differs from other types of modeling in that the first stage involves creating a conceptual model, while many other types of modeling do not. Creating a conceptual model facilitates knowledge accumulation. Description information modeling in space exploration is information modeling that contains morphological and semantic components. Description modeling in space exploration can be considered a cognitive stage, as it not only allows for the creation of a spatial model but also creates the conditions for acquiring new knowledge.

Keywords: space exploration, modeling, spatial model, description modeling, description model, consistency, information units.

1. Введение

Космические исследования, как и многие науки, используют разные типы моделей и технологий моделирования (Nardi et al., 2019). Deskрипционное моделирование в космических исследованиях в качестве базового подхода использует deskрипционную логику. Deskрипционная логика (Кучуганов, 2018) в первую очередь исключает противоречивость и обеспечивает комплементарность объектов. Во вторую очередь она является формальным инструментом описания. В третьих она является основой построения базовых онтологий.

Deskрипционное моделирование есть технология, создающая модели космической реальности в однозначной непротиворечивой форме, вплоть до их элементов. При переносе этого моделирования в информационное поле получают deskрипционное информационное моделирование.

* Corresponding author

E-mail addresses: iri-dubchak@yandex.ru (I.A. Dubchak)

Дескрипционная логика в качестве основных использует группу общих понятий и привязанных к ним частных понятий. Общим понятие служит концептуальная модель, которую также называют концептом. Частные понятия двойственные. В одном случае они обозначают отношение. В другом элементарные сущности. Общее понятие может обозначать категорию. Частное понятие обозначает компонент или элемент или бинарное отношение. Дескрипционное моделирование использует понятия «реальность» (E), «объект реальности» (OE), «модель объекта» (OM) и «единица модели» (UM) или компонент. Под объектом реальности в космических исследованиях понимают физический объект, процесс, пространственную ситуацию. Если объекты реальности рассматривают в информационном поле, они становятся информационными объектами или объектами информационного поля. Информационное поле создает условия для описания окружения объектов и для описания взаимодействий между ними. Единица модели может соответствовать бинарному отношению (BR) или информационной единице (UI) как элементу модели. Информационное поле создает систему единства описаний подобно единой координатной системе.

2. Результаты и обсуждение

Дескрипционное моделирование включает логическую и технологическую компоненты. Логическая компонента дескрипционного моделирования использует наборы утверждений общего вида (TBox) и наборы утверждений частного вида (ABox). Общеутвердительные высказывания применяют для выражения отношений между концептуальными утверждениями и абстрактными понятиями. Их применяют для построения концепций и общих правил. Частно утвердительные высказывания применяют для построения логических конструкций и операций с логическими единицами, включая информационные единицы. Технологическая компонента дескрипционного моделирования использует морфизм вида

$$E \rightarrow OE \rightarrow OM \rightarrow UM \quad (1)$$

В информационном поле единица модели может быть представлена через информационную единицу. Информационные единицы могут обладать делимостью (Tsvetkov, 2014).

$$UM \rightarrow iu; iu \in LSIU \quad (2)$$

Нижний уровень дескрипционной модели есть локальная система неделимых информационных единиц (LSIU). LSIU есть совокупность, связанных по тематике информационных единиц. Если единицы модели (UM) образуют не противоречивую модель как систему (OM), то такая модель является дескрипционной моделью.

Единица модели (UM) может являться множеством, а информационная единица есть элемент множества. Модель объекта (OM) может быть неделимой и составной. Типичными конструкторами для построения составных моделей объекта являются отношения

$$OM1 = UM1 \cap UM2 \cap UM3 \quad (3)$$

$$OM2 = UM3 \cup UM4 \cup UM5 \quad (4)$$

$$OM3 = UM1 \cup UM6 \cap UM7 \quad (5)$$

$$OM4 = (UM1 \cap UM6 \cap UM7) \cup (UM8 \cap UM9 \cap UM10) \quad (6)$$

В аспекте моделирования модели OM1, OM2 называют «чистыми», а модели OM3, OM4 – смешанными.

Общая семантика дескрипционных моделей (Sem) задается путём назначения системы интерпретации как подмножеств интерпретирующих единиц, выбираемых из некоторого фиксированного множества («домена»),

$$Sem\ 1 = BR1(ui1, ls1) \cup BR2(ui1, ls2) \cup BR3(ui3, ls3) \quad (7)$$

В выражении (7) ls – частные семантики информационных единиц. Общая семантика дескрипционных моделей согласно выражению (7) определяется как множеств пар бинарных отношений на домене. Пространственная информация, получаемая в космических исследованиях, привела к необходимости пространственных дескрипционных моделей как непротиворечивых моделей.

Информация в космических исследованиях

Космические исследования генерируют огромные объёмы данных, которые анализируются исследователями. Результаты анализа космической информации

используют для научных проверки гипотез и развития технологий. Информация в космических исследованиях включает многие предметные области: от геодезической астрономии (Gospodinov, 2018) до геодезии, геоинформатики и картографии до технологий спутниковая связь, телекоммуникации, освоение космоса. Данные поступают с телескопов, зондов, МКС, и обрабатываются для получения знаний о Вселенной и улучшения земных технологий, таких как GPS.

Современные космические исследования охватывают широкий спектр направлений: от фундаментальной астрофизики и изучения дальнего космоса до прикладных разработок, связанных с длительным пребыванием человека на орбите и технологиями освоения космического пространства.

Информация, полученная в ходе этих исследований, передается на Землю с использованием средств связи, обеспечивая глобальный обмен данными. Основной метод получения информации в космических исследованиях есть дистанционное зондирование (ДЗ). Группа технологий ДЗ включает получения данных любыми сенсорными методами. Сенсорно аналитические методы применяют в геодезии (Ознамец, Цветков, 2019), в пространственном мониторинге, включая космический (Kudzh, 2022). Сенсорно аналитические методы применяют в космической геоинформатике (Bondur, Tsvetkov, 2015).

В частном случае дистанционное зондирование включает получение информации с борта космического аппарата (Savinych, 2018). Технологии дистанционного зондирования передают информацию о космических объектах и процессах в космическом пространстве. Многие технологии ДЗ передают ботовую информацию (Savinych, 2018), в оптическом диапазоне. Этого создает большое количество визуальных моделей, которые могут быть дескрипционными моделями в случае применения дескрипционного моделирования.

Технологии построения дескрипционных моделей.

Новый вид моделирования, называемый дескрипционным, направлен на решение задач комплементарности компонентов модели и отношений между компонентами. Его можно рассматривать как развитие ономазиологического моделирования (Bolbakov et al., 2022). Ономазиология осуществляет процесс моделирования «от общего объекта к элементам его моделей». Эта последовательность от общего к частному. Она отвечает на вопрос: Какие базовые модели входят в эту сущность? Дескрипционное моделирование в теоретическом плане решает задачу параметрического и информационного соответствия реальности алфавиту моделей, которые имеются в распоряжении исследователя. Дескрипционное моделирование можно рассматривать как морфизм с использованием когнитивного моделирования абстрактной или общей модели в частные единичные компоненты.

Первым этапом дескрипционного моделирования в космических исследованиях является когнитивный анализ, который включает анализ качества и правдоподобия исходной информации. Для космических фотоснимков, включая радиолокационные, применяют дешифрирование снимков. Это этап когнитивного моделирования. Процедуру дешифрирования можно рассматривать как визуальное дескрипционное моделирование.

Дескрипционная модель должна отвечать системным требованием (Bondur, Tsvetkov, 2015) полноты, согласованности и непротиворечивости. Если существует m компонентов модели, то условие полноты имеет вид

$$OM = UM1 \cup UM2 \cup \dots \cup UMm \quad (8)$$

Выражение (8) означает, что все компоненты в совокупности образуют модель. Условие согласованности имеет вид

$$UM1 \cap UM2 \cap \dots \cap UMm = \emptyset \quad (9)$$

Выражение (9) означает, что все компоненты не имеют общих параметров. Условие непротиворечивости имеет вид

$$\forall i, k \in OM; UM_i \neq \neg UM_k \text{ при } k \neq i \quad (10)$$

Выражение (10) означает, что ни одна из компонент модели не противоречит другой компоненте. В совокупности выражения (8-10) являются результатом системного проектирования и создают целостную непротиворечивую систему. Вывод: дескрипционная модель обладает системными свойствами и может считаться системой относительно своих компонентов.

При выполнении любых исследований проводят предварительный когнитивный анализ. В когнитивных преобразованиях существуют фундаментальные основы (Tsvetkov, 2013): обозрение исходного общего объекта реальности, восприятие построенной модели объекта реальности, возможность сопоставления и объяснения модели объекта реальности. Первый принцип относится к реальности или к концептуальным моделям. Два другие относятся к формальным или фактическим моделям. Эти принципы необходимы при обработке космической информации

Информативность визуальной модели оценивают либо по битам с использованием теории информации, либо по количеству уникальных компонент (Номоконов, 2017). Следует подчеркнуть, что именно компонент, а не информационных единиц. Информационные единицы как буквы алфавита не информативны. Информативны только слова. Аналогом слова или предложения является компонента модели. Чем больше уникальных компонент в модели, тем выше ее информативность.

Объяснение дескрипционных моделей (не надо путать их с дескриптивными моделями) зависит от трех факторов (Чехарин, 2014): дейктичность, референциальность, и ситуационность.

Референциальность означает свойство (Donnelan, 1996) есть возможность формировать модельные конструкции. Ситуативность связана с ситуацией, окружающей объект интерпретации. Она означает влияние ситуации на интерпретацию модели или ее состояния. В силу этого интерпретируемость дескрипционных моделей связана с набором когнитивных признаков. В формальной области интерпретация осуществляется с использованием редукции и теоретико-множественных отношений. Результат построения дескрипционных моделей должен быть обозримым, воспринимаемым и интерпретируемым.

Прямое и последовательное дескрипционное моделирование.

Различают прямое и последовательное дескрипционное моделирование. Прямое моделирование позволяет сформировать простую модель за один этап. Формальное описание такого моделирования есть прямая или обратная импликация. Последовательное дескрипционное моделирование формирует дескрипционную модель за несколько этапов.

На Рисунке 1 приведена блок-схема дескрипционного моделирования, которое можно назвать каскадным или последовательным. В таком моделировании выделяют четыре каскада и отношения между ними (Рисунок 1). Между каскадами существуют отношения: Ra (ОЕ-ИК); Rb (ИК-ОМ); Rc (ОМ-УМ); Rd (УМ-ИУ).



Рис. 1. Последовательное дескрипционное моделирование

На первом этапе дескрипционного моделирования [Рисунка 1](#) осуществляется преобразование объекта реальности в концептуальную (обобщенную) модель, или в информационную конструкцию (ИК).

Это делается для последующего анализа и сравнения моделей объектов на уровне концепций. Преобразование использует отношения реальность концептуальная модель (информационная конструкция в информационном поле).

$$OE \rightarrow \text{ИК} (Ph1, S\phi1, C\theta1, \rho1, F\tau1) \quad (11)$$

В (11) Ph1 – категориальные параметров, Sφ1 – категориальная структура, Cθ1 – связи верхнего уровня; ρ1 – отношения верхнего уровня; Fτ1 конструктивные параметры первого уровня. Первый каскад дескрипционного моделирования вводит категориальные параметры и частично конструктивные. Этот каскад создает концепты.

Второй каскад преобразует концепты (ИК) в объектные модели ОМ

$$\text{ИК} \rightarrow \text{ОМ} (UM, S\phi2, C\theta2, \rho2, F\tau2) \quad (12)$$

В (12) UM обозначают единицы или компоненты модели; Параметр Sφ2 описывает структуру второго уровня, Cθ2 – связи второго уровня, ρ1 – отношения верхнего уровня. Fτ2 конструктивные параметры второго уровня (Fτ2 > Fτ1). После второго каскадирования абстрактные параметры исчезают и остаются только фактические параметры.

Третий каскад редуцирует модель на компоненты.

$$\text{ОМ} \rightarrow \text{UM}(S\phi3, C\theta3, \rho3, F\tau3) \quad (13)$$

Отношение (13) содержит параметры: Sφ2 описывает структуру второго уровня, Cθ2 – связи второго уровня, ρ1 – отношения верхнего уровня. Fτ2 конструктивные параметры второго уровня.

Четвертый каскад представляет компоненты модели в виде информационных единиц (IU), подобно тому как ялова представляются буквами. При этом информационные единицы могут повторяться в разных компонентах, как повторяются буквы алфавита в словах и предложениях. Информационные единицы являются алфавитом. На этом этапе дескрипционного моделирования используют отношения *Rd*.

$$\text{UM} \rightarrow \text{iu} (N, D) \quad (14)$$

В выражении (14) N – объем алфавита, *iu* ∈ D – дескриптор или терминосистема.

Пространственные модели, описывающие космическую реальность, имеют визуальную форму. Это приводит к понятию морфологии и семантики ([Tsvetkov, 2025](#)). Морфология и семантика моделей дают дополнительную возможность моделирования и анализа. Морфологические пространственные образы могут служить основой при формировании информационных единиц. Примером являются условные картографические знаки.

Пространственные дескрипционные модели информативно более определены, чем параметрические модели, основным преимуществом этих моделей является возможность на их основе формировать онтологии как модели знаний. Это особенно важно при формировании концептуальных моделей.

Дескрипционное информационное моделирование в космических исследованиях есть информационное моделирование, содержащее морфологическую и семантическую компоненты.

Дескрипционное моделирование в космических исследованиях позволяет создавать геоинформационную модель как носитель пространственного знания. Пространственные отношения применяют в дескрипционном моделировании на трех этапах из четырех ([Рисунок 1](#)). Дескрипционная модель в космических исследованиях трактуется как пространственная модель, которая может быть использована для получения знаний.

3. Заключение

Дескрипционное моделирование в космических исследованиях сочетает богатые описательные в возможности с хорошей структурированностью модели. Оно обеспечивает комплементарность выразительности и разрешимости. Дескрипционное моделирование в теоретическом плане быть рассмотрено как разрешимые фрагменты логики предикатов. В синтаксическом плане оно близко к модальным логикам. Дескрипционное моделирование имеет преимущество в том, что может выражаться в виде рассуждений и в виде технологических конструкций.

Дескрипционное моделирование отличается от других видов моделирования условием непротиворечивости при создании моделей. Дескрипционное моделирование отличается от других видов моделирования обязательным наличием информационных единиц в виде согласованной системы.

Наличие системы пространственных информационных единиц означает наличие базовой словарной онтологии в виде тезауруса или картографического классификатора. Пространственная онтология, которую создает концептуальное смешивание является сложным для восприятия объектом, примером является картографическая композиция. Чтобы ее прочесть, необходимы библиотеки картографических условных знаков и правила оформления космических карт.

Данный вид моделирования при проведении космических исследований выполняет функции познания. Проведенное исследование дает основание ввести новое понятие «Пространственное информационное дескрипционное моделирование».

Литература

[Кучуганов, 2018](#) – Кучуганов А.В. (2018). Дескрипционная логика поиска объектов на изображениях // *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. 3(11): 55-62.

[Номоконов, 2017](#) – Номоконов И.Б. (2017). Негэнтропия и информативность // *Образовательные ресурсы и технологии*. 2017. №1 (18). С. 55-63.

[Чехарин, 2014](#) – Чехарин Е.Е. Интерпретируемость информационных единиц // *Славянский форум*. 2014. 2(6). С. 151-155.

[Bolbakov et al., 2022](#) – Bolbakov R.G., Sinitsyn A.V., Tsvetkov V.Ya. Onomasiological modeling in the information field. *Journal of Physics: Conference Series. III International Conference on Metrological Support of Innovative Technologies (ICMSIT-III-2022)*. Krasnoyarsk, 2022. P. 2201.

[Bondur, Tsvetkov, 2015](#) – Bondur V.G., Tsvetkov V.Ya. New Scientific Direction of Space Geoinformatics // *European Journal of Technology and Design*. 2015. 4(10): 118-126.

[Bondur, Tsvetkov, 2015](#) – Bondur V.G., Tsvetkov V.Ya. System Analysis in Space Research // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2015. №1(1). Pp. 4-12.

[Donnelan, 1996](#) – Donnelan K. Reference and Definite Descriptions / *The Philosophy of Language* (3 edition), A. P. Martinich (ed.), Oxford University Press, 1996.

[Gospodinov, 2018](#) – Gospodinov S.G. The Development of Geodesic Astronomy // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2018. 4(1): 9-33.

[Kudzh, 2022](#) – Kudzh S.A. Development of space monitoring // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2022. 8(1): 12-22.

[Nardi et al., 2019](#) – Nardi L., Koeplinger D., Olukotun K. Practical design space exploration / *2019 IEEE 27th International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MASCOTS)* (pp. 347-358). 2019, October. IEEE.

[Oznamets, Tsvetkov, 2019](#) – Oznamets V., Tsvetkov V.Ya. Space Geodesy of Small Celestial Bodies // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2019. 5(1): 34-40.

[Savinych, 2018](#) – Savinych V.P. Evolution of the Salyut Space Research Program // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2018. 4(1): 19-33.

[Tsvetkov, 2013](#) – Tsvetkov V.Ya. Spatial Information Models // *European researcher*. 2013. №10-1(60). Pp. 2386-2392.

[Tsvetkov, 2014](#) – Tsvetkov V.Ya. Information Units as the Elements of Complex Models. *Nanotechnology Research and Practice*. 2014. № 1(1). Pp. 57-64.

[Tsvetkov, 2025](#) – Tsvetkov V.Ya. Morphological and semantic uncertainty / *In the collection: Innovative Technologies. Collection of scientific articles based on the materials of the 7th International Scientific and Technical Conference*. Burgas, 2025. Pp. 239-248.

References

[Bolbakov et al., 2022](#) – Bolbakov, R.G., Sinitsyn, A.V., Tsvetkov, V.Ya. (2022). Onomasiological modeling in the information field. *Journal of Physics: Conference Series. III International Conference on Metrological Support of Innovative Technologies (ICMSIT-III-2022)*. Krasnoyarsk. P. 2201.

- Bondur, Tsvetkov, 2015** – Bondur, V.G., Tsvetkov, V.Ya. (2015). New Scientific Direction of Space Geoinformatics. *European Journal of Technology and Design*. 4(10): 118-126.
- Bondur, Tsvetkov, 2015** – Bondur, V.G., Tsvetkov, V.Ya. (2015). System Analysis in Space Research. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 1(1): 4-12.
- Chekharin, 2014** – Chekharin, E.E. (2014). Interpretiruemost' informatsionnykh edinit [Interpretability of information units]. *Slavyanskii forum*. 2(6): 151-155. [in Russian]
- Donnelan, 1996** – Donnelan, K. (1996). Reference and Definite Descriptions. The Philosophy of Language (3 edition), A. P. Martinich (ed.), Oxford University Press.
- Gospodinov, 2018** – Gospodinov, S.G. (2018). The Development of Geodesic Astronomy. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 4(1): 9-33.
- Kuchuganov, 2018** – Kuchuganov, A.V. (2018). Deskriptsiennaya logika poiska ob"ektov na izobrazheniyakh [Description logic of object search in images]. *Informatsionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii*. 3(11): 55-62. [in Russian]
- Kudzh, 2022** – Kudzh, S.A. (2022). Development of space monitoring. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 8(1): 12-22.
- Nardi et al., 2019** – Nardi, L., Koeplinger, D., Olukotun, K. (2019, October). Practical design space exploration. *2019 IEEE 27th International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MASCOTS)* (pp. 347-358). IEEE.
- Nomokonov, 2017** – Nomokonov, I.B. (2017). Negentropiya i informativnost' [Negentropy and information content]. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii*. 1(18): 55-63. [in Russian]
- Oznamets, Tsvetkov, 2019** – Oznamets, V., Tsvetkov, V.Ya. (2019). Space Geodesy of Small Celestial Bodies. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 5(1): 34-40.
- Savinych, 2018** – Savinych, V.P. (2018). Evolution of the Salyut Space Research Program. *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 4(1): 19-33.
- Tsvetkov, 2013** – Tsvetkov, V.Ya. (2013). Spatial Information Models. *European researcher*. 10-1(60): 2386-2392.
- Tsvetkov, 2014** – Tsvetkov, V.Ya. (2014). Information Units as the Elements of Complex Models. *Nanotechnology Research and Practice*. 1(1): 57-64.
- Tsvetkov, 2025** – Tsvetkov, V.Ya. (2025). Morphological and semantic uncertainty. *In the collection: Innovative Technologies. Collection of scientific articles based on the materials of the 7th International Scientific and Technical Conference*. Burgas. Pp. 239-248.

Дескрипционное моделирование в космических исследованиях

Ирина Александровна Дубчак ^{a, *}

^a Российский университет транспорта, Москва, Российская Федерация

Аннотация. Статья исследует область космических исследований. Предложен новый вид информационного моделирования дескрипционное моделирование. Обосновано его применение и раскрывается содержание этого моделирования. Введено новое понятие дескрипционная модель. Дескрипционная модель формируется с использованием принципов дескрипционной логики. Кратко раскрывается содержание дескрипционной логики. Обоснована необходимость применения дескрипционной модели в космических исследованиях. Описаны особенности получения информации в космических исследованиях. Дескрипционное моделирование отличается от других видов моделирования условием непротиворечивости при создании моделей. Дескрипционное моделирование отличается от других видов моделирования обязательным наличием информационных единиц в виде согласованной системы. Дескрипционная модель сжимает большие объемы космической информации при выполнении условий согласованности и непротиворечивости. Рассмотрен механизм формирования дескрипционных моделей. Показан необходимость применения когнитивного моделирования при формировании

* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: iri-dubchak@yandex.ru (И.А. Дубчак)

дескрипционных моделей. Описаны этапы последовательного дескрипционного моделирования. Дескрипционное моделирование отличается от других видов моделирования тем, что на первом этапе создается концептуальная модель, в то время как во многих видах моделирования такого этапа нет. Создание концептуальной модели помогает накапливать знания. Дескрипционное информационное моделирование в космических исследованиях есть информационное моделирование, содержащее морфологическую и семантическую компоненты. Дескрипционное моделирование в космических исследованиях можно рассматривать как этап познания, поскольку оно не только позволяет получать пространственную модель, но создает условия для получения новых знаний.

Ключевые слова: космические исследования, моделирование, пространственная модель, дескрипционное моделирование, дескрипционная модель, непротиворечивость, информационные единицы.